

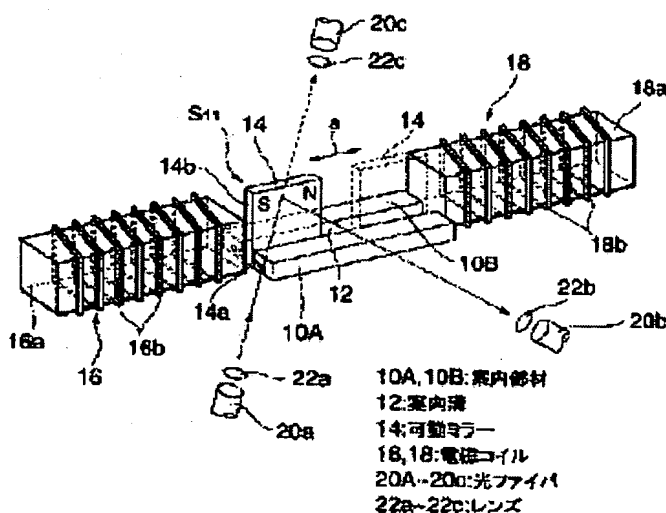
# OPTICAL SWITCH AND METHOD FOR MANUFACTURING GUIDE STRUCTURE FOR MOVABLE MIRROR

**Patent number:** JP2002148529  
**Publication date:** 2002-05-22  
**Inventor:** NAKAJIMA TOSHIHIRO  
**Applicant:** YAMAHA CORP  
**Classification:**  
 - International: G02B26/08; G02B26/08; (IPC1-7): G02B26/08  
 - european:  
**Application number:** JP20000337931 20001106  
**Priority number(s):** JP20000337931 20001106

Report a data error here

## Abstract of JP2002148529

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small optical switch to be easily manufactured and a method for manufacturing a guide structure for a movable mirror. **SOLUTION:** Guide members 10A, 10B having a guide groove 12 for guiding the movement of the movable mirror 14 consisting of a permanent magnet by accommodating the seat part of the mirror 14 are formed on one main surface of a base plate and electromagnetic coils 16, 18 are formed so as to be opposed to each other through the groove 12. The coil 16 is constituted by winding a conductive layer 16b around a magnetic pole 16a along its longitudinal direction and the coil 18 also is similarly constituted. When light is incident on the mirror 14 from an optical fiber 20a through a lens 22a when the mirror is arranged on a position shown by a solid line, the incident light is reflected on the mirror 14 and led out from an optical fiber 20b through a lens 22b. When the mirror 14 is moved to a position shown by a broken line by the resiliency of the coil 16, incident light goes straight and is led out from an optical fiber 20c through a lens 22c.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-148529  
(P2002-148529A)

(43) 公開日 平成14年5月22日 (2002.5.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 26/08

識別記号

F I  
G 0 2 B 26/08

キーワード (参考)  
E 2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-337931 (P2000-337931)

(22) 出願日 平成12年11月6日 (2000.11.6)

(71) 出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(72) 発明者 中嶋 敏博

静岡県浜松市中沢町10番1号ヤマハ株式会  
社内

(74) 代理人 100075074

弁理士 伊沢 敏昭

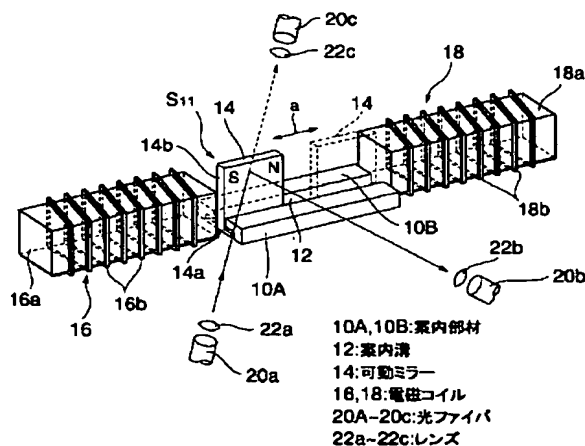
Fターム (参考) 2H041 AA14 AA16 AB13 AC05 AZ01  
AZ08

(54) 【発明の名称】 光スイッチと可動ミラー案内構造の製法

(57) 【要約】

【課題】 小型で製造容易な光スイッチと可動ミラー案内構造の製法とを提供する。

【解決手段】 基板の一主表面には、永久磁石からなる可動ミラー14の台座部を収容して可動ミラー14の移動を案内する案内溝12を有する案内部材10A、10Bを設けると共に、案内溝12を挟んで対応するように電磁コイル16、18を設ける。電磁コイル16は、磁心16aにその長手方向に沿って導電層16bを巻回した構成とし、電磁コイル18も同様の構成とする。ミラー14が実線で示す位置にあるときに光ファイバ20aからレンズ22aを介してミラー14に光を入射すると、入射光は、ミラー14で反射されてレンズ22bを介して光ファイバ20bから導出される。コイル16の反発力でミラー14を破線で示す位置に移動させると、入射光は、直進し、レンズ22cを介して光ファイバ20cから導出される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】一主表面を有する基板と、

永久磁石片からなる可動ミラーであって、前記基板の一主表面上で移動可能な台座部と、この台座部の上に直立状に設けられたミラー部とからなるものと、

前記基板の一主表面に設けられた案内溝材であって、前記ミラー部を露出させ且つ前記台座部を収容した状態で前記可動ミラーの移動を所定方向に案内する案内溝を構成するものと、

前記所定方向に沿って前記案内溝を挟んで対向するように前記基板の一主表面に形成された第 1 及び第 2 の電磁コイルであって、各電磁コイルが磁心にその長手方向に沿って導電層を巻回した構成を有し、少なくとも前記第 1 の電磁コイルが前記案内溝内における前記台座部の第 1 の位置から第 2 の位置への移動を制御し、少なくとも前記第 2 の電磁コイルが前記案内溝内における前記台座部の第 2 の位置から第 1 の位置への移動を制御するものと、

前記台座部が前記案内溝内で第 1 の位置にあるときに前記ミラー部に光を入射する光入射手段と、

前記台座部が前記案内溝内で第 1 の位置にあるときに前記ミラー部から反射光を受取る第 1 の光導出手段と、

前記台座部が前記案内溝内で第 2 の位置にあるときに前記光入射手段から入射光を受取る第 2 の光導出手段とを備えた光スイッチ。

【請求項 2】 前記各電磁コイルが前記導電層を前記磁心に多重に巻回した構成を有する請求項 1 記載の光スイッチ。

【請求項 3】 基板の一主表面に第 1 の犠牲層を介して永久磁石用磁性材からなる台座層を形成する工程と、

前記第 1 の犠牲層に連続して前記台座層の両側部及び両端部を覆い且つ前記台座層の移動路を覆うように前記台座層とほぼ等しい厚さの第 2 の犠牲層を前記基板の一主表面に形成する工程と、

前記台座層のミラー形成部を露呈するように前記台座層及び前記第 2 の犠牲層を覆って第 3 の犠牲層を形成する工程と、

前記台座層のミラー形成部を露呈するミラー案内溝を有する案内層を前記第 3 の犠牲層を覆って前記基板の一主表面に形成する工程と、

前記第 3 の犠牲層をマスクとする選択メッキ処理により前記台座層のミラー形成部に永久磁石用磁性材からなるミラー層を直立状に形成する工程と、

前記第 1 ～第 3 の犠牲層を除去して前記ミラー案内溝の下にミラー案内空間を形成することにより前記台座層及び前記ミラー層からなる可動ミラーを前記ミラー案内溝及び前記ミラー案内空間により案内可能な状態で残させる工程とを含む可動ミラー案内構造の製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光路切換え等に用いるに好適な光スイッチと、この光スイッチの製造に用いるに好適な可動ミラー案内構造の製法とに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光通信等に用いられる光路切換装置としては、図 35、36 に示すものが知られている（例えば、特開 2000-98270 号公報参照）。

【0003】図 35 に示す光路切換装置は、光スイッチ 1 S を設けた基板 1 の上に光路基板 2 を配置した構成になっている。光スイッチ 1 S は、図 35 の X-X' 線に沿う断面を図 36 に示すように電磁石 8 a のヨーク 9 a と電磁石 8 c のヨーク 9 c との間に可動反射板 6 b 付きの永久磁石 B を配置すると共に、永久磁石 6 B の移動路の下に電磁式リニアアクチュエータ 7 a を配置して一方の半分が構成されており、他方の半分も電磁石 8 b のヨーク 9 b と電磁石 8 c のヨーク 9 c との間に可動反射板 6 c 付きの永久磁石及び電磁式リニアアクチュエータ 7 b を一方の半分と同様に配置して構成されている。

【0004】光路基板 2 においては、光ファイバ 3 a ～ 3 d が並列的に設けられると共にレンズ 4 a ～ 4 c が光ファイバ 3 a ～ 3 d にそれぞれ対応して設けられている。基板 1 には、レンズ 4 a ～ 4 d にそれぞれ対応して固定反射板 5 a ～ 5 d が配置されている。

【0005】電磁式リニアアクチュエータ 7 a、7 b の浮力と電磁石 8 c の反発力とにより可動反射板 6 b、6 c を実線で示す位置から破線で示す位置に移動させた状態では、光ファイバ 3 a から入射した光は、固定反射板 5 a、5 d で反射されて光ファイバ 3 d から導出され、光ファイバ 3 c から入射した光は、固定反射板 5 c、5 b で反射されて光ファイバ 3 b から導出される。

【0006】また、電磁式リニアアクチュエータ 7 a、7 b の浮力と電磁石 8 a、8 b の反発力とにより可動反射板 6 b、6 c を破線で示す位置から実線で示す位置に移動させた状態では、光ファイバ 3 a から入射した光は、固定反射板 5 a 及び可動反射板 6 b で反射されて光ファイバ 3 b から導出され、光ファイバ 3 c から入射した光は、可動反射板 6 c 及び固定反射板 5 d で反射されて光ファイバ 3 d から導出される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来技術によると、可動反射板付きの永久磁石を電磁式リニアアクチュエータで誘導する構成であるため、構成が複雑であり、光回路や光集積回路の形態で小型化するのが容易でないという問題点がある。

【0008】この発明の目的は、小型で製造容易な光スイッチと、この光スイッチの製造に用いるに好適な可動ミラー案内構造の製法とを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明に係る光スイッ

チは、

一主表面を有する基板と、永久磁石片からなる可動ミラーであって、前記基板の一主表面上で移動可能な台座部と、この台座部の上に直立状に設けられたミラー部とからなるものと、前記基板の一主表面に設けられた案内部材であって、前記ミラー部を露出させ且つ前記台座部を収容した状態で前記可動ミラーの移動を所定方向に案内する案内溝を構成するものと、前記所定方向に沿って前記案内溝を挟んで対向するように前記基板の一主表面に形成された第1及び第2の電磁コイルであって、各電磁コイルが磁心にその長手方向に沿って導電層を巻回した構成を有し、少なくとも前記第1の電磁コイルが前記案内溝内における前記台座部の第1の位置から第2の位置への移動を制御し、少なくとも第2の電磁コイルが前記案内溝内における前記台座部の第2の位置から第1の位置への移動を制御するものと、前記台座部が前記案内溝内で第1の位置にあるときに前記ミラー部に光を入射する光入射手段と、前記台座部が前記案内溝内で第1の位置にあるときに前記ミラー部から反射光を受取る第1の光導出手段と、前記台座部が前記案内溝内で第2の位置にあるときに前記光入射手段から入射光を受取る第2の光導出手段とを備えたものである。

【0010】この発明の光スイッチによれば、第2の電磁コイルにより可動ミラーを第1の位置に移動させた状態では、光入射手段から入射した光が可動ミラーで反射され、その反射光が第1の光導出手段により導出される。また、第1の電磁コイルにより可動ミラーを第2の位置に移動させた状態では、光入射手段から入射した光が第2の光導出手段により導出される。可動ミラーを移動させる際には、第1及び第2の電磁コイルを併用してもよい。永久磁石片からなる可動ミラーは、第1及び第2のいずれの位置でも近くの電磁コイルの磁心を吸引するので、電磁コイルの電流を切っても移動せず、自己保持状態となる。従って、消費電力の低減が可能である。可動ミラーを台座部とミラー部とで構成すると共に台座部を案内溝で案内する構成としたので、構成が簡単であって、小型化が容易であり、薄膜プロセス等を用いて簡単に製造可能である。

【0011】この発明の光スイッチにあっては、各電磁コイルとして、導電層を磁心に多重に巻回したものをを用いることができる。このようにすると、電磁コイルの長さを短縮できるので、一層の小型化が可能になると共に、隣り合う電磁コイルが互いに影響し合うのを防ぐこともできる。

【0012】この発明に係る可動ミラー案内構造の製法は、基板の一主表面に第1の犠牲層を介して永久磁石用磁性材からなる台座層を形成する工程と、前記第1の犠牲層に連続して前記台座層の両側部及び両端部を覆い且つ前記台座層の移動路を覆うように前記台座層とはほぼ等しい厚さの第2の犠牲層を前記基板の一主表面に形成す

る工程と、前記台座層のミラー形成部を露呈するように前記台座層及び前記第2の犠牲層を覆って第3の犠牲層を形成する工程と、前記台座層のミラー形成部を露呈するミラー案内溝を有する案内層を前記第3の犠牲層を覆って前記基板の一主表面に形成する工程と、前記第3の犠牲層をマスクとする選択メッキ処理により前記台座層のミラー形成部に永久磁石用磁性材からなるミラー層を直立状に形成する工程と、前記第1～第3の犠牲層を除去して前記ミラー案内溝の下にミラー案内空間を形成することにより前記台座層及び前記ミラー層からなる可動ミラーを前記ミラー案内溝及び前記ミラー案内空間により案内可能な状態で残存させる工程とを含むものである。

【0013】この発明の可動ミラー案内構造の製法によれば、薄膜プロセスを用いて微小な可動ミラー案内構造を製造可能であるから、この発明の光スイッチを量産するのに好都合である。

【0014】

【発明の実施の形態】図1、2は、この発明の一実施形態に係る光スイッチS<sub>1</sub>を示すもので、図1が斜視図であり、図2が上面図である。

【0015】光スイッチ基板の一主表面には、一対の案内部材10A、10Bが形成されている。案内部材10A、10Bの間には、可動ミラー14の移動を矢印a方向に案内する案内溝12が形成されている。可動ミラー14は、Co-Ni合金等の永久磁石用磁性材からなるもので、基板の一主表面に沿って移動可能な長方形の台座部14aと、この台座部14aの上に直立状に設けられた方形状のミラー部14bとからなっている。ミラー部14bは、金属光沢による光反射性を有するもので、一例として矢印a方向に沿う長さ及び矢印a方向に直交する上下方向の長さ（高さ）をいずれも100[μm]とし、厚さを4[μm]とすることができる。矢印a方向に沿う案内部材10A、10Bの長さは、200[μm]又は200数10[μm]とすることができる。

【0016】光スイッチ基板の一主表面には、矢印aで示す可動ミラー14の移動方向に沿って案内溝12を挟んで対向するように2つの電磁コイル16、18が形成されている。電磁コイル16は、Ni-Fe合金等の磁性材からなる細長い磁心16aにその長手方向に沿って導電層16bを巻回した構成（トロイダルコイル構成）を有し、電磁コイル18も同様にして磁心18aに導電層18bを巻回した構成を有する。電磁コイル16、18は、いずれも一例として20[μm]角の直方体とし、巻回数50～100とすることができる。

【0017】電磁コイル16に通電して可動ミラー14に反発力を作用させると、可動ミラー14は、実線で示す位置（第1の位置）から破線で示す位置（第2の位置）に移動する。このとき、可動ミラー14は、電磁コイル18の磁心18bを吸引するので、電磁コイル16

の通電を停止しても移動せず、自己保持状態となる。

【0018】なお、可動ミラー14を第2の位置へ移動させる際には、電磁コイル18に通電して可動ミラー14に吸引力を作用させてもよい。このようにした場合にも、第2の位置で電磁コイル18への通電を停止して可動ミラー14を自己保持状態とすることができる。

【0019】一方、電磁コイル18に通電して可動ミラー14に反発力を作用させると、可動ミラー14は、第2の位置から第1の位置に移動する。このとき、可動ミラー14は、電磁コイル16の磁心16aを吸引するので、電磁コイル18の通電を停止しても移動せず、自己保持状態となる。

【0020】なお、可動ミラー14を第1の位置へ移動させる際には、電磁コイル16に通電して可動ミラー14に吸引力を作用させてもよい。このようにした場合にも、第1の位置で電磁コイル16への通電を停止して可動ミラー14を自己保持状態とすることができる。

【0021】光ファイバ20a及びレンズ22aは、可動ミラー14が第1の位置にあるときに可動ミラー14に光を入射するように配置される。光ファイバ20b及びレンズ22bは、可動ミラー14が第1の位置にあるときに可動ミラー14から反射した光を受取るように配置される。光ファイバ20c及びレンズ22cは、可動ミラー14が第2の位置にあるときに光ファイバ20a及びレンズ22aからの入射光を受取るように配置される。

【0022】図1、2に示した光スイッチS<sub>11</sub>において、可動ミラー14が第1の位置にあるときは、光ファイバ20a及びレンズ22aから入射した光が可動ミラー14で反射され、レンズ22bを介して光ファイバ20bから導出される。また、可動ミラー14が第2の位置にあるときは、光ファイバ20a及びレンズ22aから入射した光がレンズ22cを介して光ファイバ20cから導出される。

【0023】なお、図1、2の光スイッチにあっては、光ファイバ20b及びレンズ22bから入射した光を可動ミラー14で反射させてレンズ22aを介して光ファイバ20aから導出する構成としてもよい。また、可動ミラー14に関して光ファイバ20b及びレンズ22bの反対側に光ファイバ20b及びレンズ22bと同様の光ファイバ及びレンズを設け、この光ファイバ及びレンズから入射した光を可動ミラー14で反射させてレンズ22cを介して光ファイバ20cから導出する構成（又は光の経路をこれとは反対にした構成）としてもよい。

【0024】上記した光スイッチS<sub>11</sub>によれば、永久磁石からなる可動ミラー14を台座部14a及びミラー部14bで構成すると共に、案内溝12からミラー部14bを露出し且つ案内溝12の下のみラー案内空間に台座部14aを収容した状態で可動ミラー14の移動を案内する構成にしたので、小型化が容易であり、後述する

ように薄膜プロセス等を用いて簡単に製造可能である。また、可動ミラー14の自己保持作用を利用可能であるため、消費電力を低減可能である。

【0025】図3は、上記した光スイッチを用いた3×3マトリクス型光路切換装置を示すものである。光スイッチ基板の一主表面には、図1、2で述べたと同様の構成を有する9個の光スイッチS<sub>11</sub>～S<sub>33</sub>がマトリクス状に配置されている。

【0026】光ファイバ20A、20B、20Cは、それぞれレンズ22A、22B、22Cを介して光スイッチS<sub>11</sub>、S<sub>12</sub>、S<sub>13</sub>に光を入射するように配置されており、光ファイバ20D、20E、20Fは、それぞれ光スイッチS<sub>11</sub>、S<sub>21</sub>、S<sub>31</sub>からレンズ22D、22E、22Fを介して光を受取るように配置されている。

【0027】光スイッチS<sub>11</sub>において可動ミラーを第1の位置にセットすると、レンズ22Aから入射した光は、可動ミラーで反射されてレンズ22Dに入射する。同様にして光スイッチS<sub>12</sub>又はS<sub>13</sub>において可動ミラーを第1の位置にセットすると、レンズ22B又は22Cからの入射光は、それぞれ光スイッチS<sub>12</sub>又はS<sub>13</sub>の可動ミラーで反射されてレンズ22Dに入射する。また、光スイッチS<sub>11</sub>において可動ミラーを第2の位置にセットすると、レンズ22Aからの入射光は、光スイッチS<sub>11</sub>を介して直進する。同様にして光スイッチS<sub>12</sub>又はS<sub>13</sub>において可動ミラーを第2の位置にセットすると、レンズ22B又は22Cからの入射光は、それぞれ光スイッチS<sub>12</sub>又はS<sub>13</sub>を介して直進する。このような光路切換動作は、他の光スイッチS<sub>21</sub>～S<sub>33</sub>についても同様である。

【0028】次に、図4～22を参照して図1、2に示したような光スイッチの製法を説明する。図4～16は、図1、2に示したような可動ミラー（14に対応）及び電磁コイル（18に対応）の形成工程を示すもので、図4～16の各図において、左側が図2のA-A'線断面に、右側が図2のC-C'線断面にそれぞれ対応する。

【0029】図4の工程では、基板30として、一主表面にアルミナ（酸化アルミニウム）層30Aを堆積して絶縁性を持たせたシリコン基板を用意する。図5以降の図では、簡単のため、アルミナ層30Aの図示を省略する。基板30の上面には、犠牲層としてのCu層32を可動ミラーの台座部に対応するパターンで形成する。Cu層32の形成処理においては、アルミナ層30Aの上に選択メッキ用のシード層としてのCu層をスパッタ法等により形成した後、このCu層の上にレジスト層を形成し、このレジスト層にホトリソグラフィ処理により台座部対応のパターンに従って孔を形成する。そして、孔を有するレジスト層をマスクとしてCuメッキ処理を行ない、孔内にCuメッキ部を形成する。レジスト層を除

去した後、イオンミリング処理によりCuメッキ部以外の部分でCu層32を除去し、Cuメッキ部及びその下のCu層をCu層32として残存させる。

【0030】図5の工程では、基板30の上面にCu層32を覆ってシード層としてのCu層34をスパッタ法等により形成する。そして、リフトオフ法によりCo-Ni合金層36をCu層32に対応するパターンでCu層34の上に形成する。リフトオフ法によるCo-Ni合金層36の形成処理では、基板30の上面にレジスト層を形成した後、ホトリソグラフィ処理によりレジスト層にCo-Ni合金を被着すべき部分に対応した孔を形成し、この孔内及びレジスト層上にCo-Ni合金を被着し、レジスト層と共にその上のCo-Ni合金層をリフトオフすることによりCo-Ni合金層36を残存させる。Co-Ni合金層36は、可動ミラーの台座部を構成する台座層として形成されるもので、その形成パターンの一例は、図17に示されている。

【0031】次に、図6の工程では、基板30の上面にレジスト層38を形成した後、ホトリソグラフィ処理により図17の40、40A~40Cに示すようなパターンで犠牲層形成用の孔をレジスト層38に形成する。また、このときのホトリソグラフィ処理を流用して図6、21に示すようにレジスト層38に電磁コイルの下部導電層形成用の孔38p、38q、38r等を形成する。レジスト層38をマスクとしてCuメッキ処理を行なうことにより犠牲層としてのCu層40、40A~40Cを形成すると共に電磁コイルの下部導電層としてCu層40Pを形成する。電磁コイルの下部導電層としては、孔38pに対応するCu層40Pの他に、孔38q、38r等に対応する複数のCu層も並列的に形成される。

【0032】図7の工程では、レジスト層38を除去した後、イオンミリング処理によりCuメッキ部以外の部分でCu層34を除去し、Cuメッキ部及びその下のCu層(34b、34p等)を残存させる。

【0033】図18には、図17のB-B'線に沿う断面を示す。図7以降では、簡単のため、Cu層32、34bの積層をCu層33として示す。この後、基板30の上面にCo-Ni合金層36、Cu層40、40A~40C、40P等を覆ってアルミナ層42をスパッタ法等により形成する。アルミナ層42は、Co-Ni合金層36及びCu層40等のいずれの厚さよりも厚く形成する。これは、この後の平坦化研磨を可能にするためである。

【0034】図8の工程では、基板30の上面に研磨処理を施すことによりアルミナ層42、Co-Ni合金層36、Cu層40、40A~40C、40P等を薄く且つ平坦状とする。

【0035】図9の工程では、基板30の上面にレジスト層を形成した後、ホトリソグラフィ処理によりレジスト層をパターンニングし、更にベークすることにより図

9、19に示すようにCo-Ni合金層36のミラー形成部を露呈する孔44aを有する硬化レジスト層44、44A、44Bを形成する。硬化レジスト層44、44A、44Bは、犠牲層として形成されるものであるが、図14の工程では、選択メッキ処理の選択マスクとしても用いられる。この後、基板30の上面にはリフトオフ法によりアルミナ層46を形成する。アルミナ層46は、図9、19、20に示すようにCo-Ni合金層36のミラー形成部を露呈する孔44aに重なるミラー案内溝46aを有するように形成される。また、アルミナ層46は、電磁コイル配置部において、図9に示すようにCu層40Pの両端近傍部分に対応して接続孔46p、46qを有するように形成され、40pと同様の他のCu層についても同様の接続孔を有するように形成される。

【0036】図10の工程では、図10、19に示すように可動ミラー配置部を挟むようにNi-Fe合金層48、48'を形成する。Ni-Fe合金層48、48'は、2つの電磁コイル(図1、2の18、16にそれぞれ対応)の磁心としてそれぞれ用いられるものである。Ni-Fe合金層48、48'を形成する処理では、基板30の上面にスパッタ法等によりシード層としてのNi-Fe合金層を形成した後、このNi-Fe合金層を覆ってレジスト層を形成し、このレジスト層にホトリソグラフィ処理によりNi-Fe合金層形成用の孔を形成し、この孔を有するレジスト層をマスクとしてNi-Fe合金メッキ処理を行なう。レジスト層を除去した後、イオンミリング処理によりNi-Fe合金メッキ部以外のNi-Fe合金層を除去してNi-Fe合金メッキ部及びその下のNi-Fe合金層をNi-Fe合金層48、48'として残存させる。

【0037】図11の工程では、図4で述べたと同様の選択メッキ処理により電磁コイルの側部導電層としてのCu層50p、50qを形成する。Cu層50p、50qは、図9に示した接続孔46p、46qをそれぞれ介してCu層40Pに接続されるように形成される。

【0038】次に、図12の工程では、磁心-コイル間絶縁層としてのアルミナ層52をリフトオフ法により形成する。アルミナ層52は、Cu層50p、50qの上端部を露呈するように形成する。

【0039】図13の工程では、図4で述べたと同様の選択メッキ処理により電磁コイルの上部導電層としてのCu層54p、54qを形成する。図22は、選択メッキ処理でマスクとして用いられるレジスト層53を示すもので、レジスト層53には、上部導電層形成用の孔53p、53q、53r等が設けられている。これらの孔53p、53q、53rは、図21に示したレジスト層38の孔38p、38q、38rと図22に示したような対応関係にある。図13の右側の断面図は、図2、22のC-C'線に沿う断面に対応する。

【0040】Cu層54pは、孔53pに対応して形成されたものであり、図22に示す孔38oに対応して形成されたCu層（下部導電層）に接続される。Cu層54qは、孔53qに対応して形成されたもので、孔38qに対応して形成されたCu層（下部導電層）に接続される。このようにして、下部導電層と側部導電層と上部導電層とを接続することにより磁心用Ni-Fe合金層48にスパイラル状に導電層を巻回した電磁コイル（図1, 2の18に相当）が形成される。

【0041】次に、図14の工程では、基板30の上面にレジスト層を形成した後、このレジスト層にホトリソグラフィ処理により硬化レジスト層44、44A、44Bの孔44aに対応する孔を形成する。そして、孔付きのレジスト層及び硬化レジスト層44、44A、44Bをマスクとする選択メッキ処理によりミラー層としてのCo-Ni合金層56をCo-Ni合金層36のミラー形成部上に形成する。この後、孔付きのレジスト層を除去する。

【0042】図15の工程では、基板30の上面にレジスト層58を形成した後、ホトリソグラフィ処理によりレジスト層58にアルミナ層46の案内溝46aに対応する孔58aを形成する。そして、レジスト層58をマスクとするエッチング処理により硬化レジスト層44、44A、44Bを除去する。

【0043】図16の工程では、レジスト層58をマスクとするCuエッチング処理により犠牲層としてのCu層33、40、40A~40Cをすべて除去する。この後、レジスト層58を除去する。この結果、案内溝46aの下には、ミラー案内空間42aが形成されると共に、台座層36及びミラー層56からなる可動ミラー（図1, 2の14に相当）が案内溝46a及び案内空間42aにより案内されて移動可能な状態で残される。

【0044】上記した光スイッチの製法によれば、薄膜プロセスを用いて小型の光スイッチを簡単に製作することができる。

【0045】図23は、この発明の実施に使用される多重巻き電磁コイル60の概略構成を示すものである。電磁コイル60は、例えばNi-Fe合金等の磁性材からなる細長い磁心62にその長手方向に沿ってCu等の導電層を2重に巻回した構成を有する。導電層は、内側で巻回される第1の導電層64と、外側で巻回される第2の導電層66とを点CPで接続したもので、端子T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>から通電するようになっている。図23には示していないが、磁心62と第1の導電層64との間及び第1の導電層64と第2の導電層66との間にはそれぞれ絶縁層が配置される。

【0046】上記した電磁コイル60によれば、2重巻き構成にしたので、長さL<sub>c</sub>を図1, 2に示した1重巻き電磁コイル（例えば16）に比べて半分にすることができる。電磁コイル60は、図1, 2, 3に示した光ス

スイッチにおいて1重巻き電磁コイルの代りに使用することができる。このようにすると、光スイッチのサイズ縮小が可能となり、複数の光スイッチを集積化する際に有利となる。

【0047】一例として、図3の光路切換装置において、光スイッチS<sub>11</sub>~S<sub>33</sub>のうちの各光スイッチの電磁コイルとして電磁コイル60を用いると、光スイッチS<sub>22</sub>、S<sub>31</sub>について示すように隣り合う光スイッチ間の距離L<sub>s</sub>を大きく設定することができ、隣り合う光スイッチ間の磁氣的干渉を低減することができる。図3に示したような光路切換装置では、光スイッチ間の磁氣的干渉を低減するため磁気シールドを設けることができるが、電磁コイル60を用いた場合には、磁気シールドを軽装化したり、省略したりすることができる。なお、図23に示した電磁コイルは、3重以上に多重化することも可能である。

【0048】次に、図24~24を参照して上記のような2重巻き電磁コイルの製法を説明する。この電磁コイルの製法は、図4~16で述べた可動ミラーの製法と組み合わせ可能であり、組み合わせる場合には、可動ミラーの形成と2重巻き電磁コイルの形成とで共通化できる処理があれば共通化してよいこと勿論である。

【0049】図24の工程では、図4で述べたと同様の基板30を用意する。そして、基板30のアルミナ層形成面にスパッタ法等によりメッキ用のシード層としてCr-Cu合金層70を形成する。

【0050】図25の工程では、Cr-Cu合金層70を覆ってレジスト層72を形成した後、ホトリソグラフィ処理によりレジスト層72にメッキすべき複数の部分に対応した複数の孔を形成する。そして、レジスト層72をマスクとするメッキ処理によりレジスト層72の各孔毎にCu層74を形成する。

【0051】図26の工程では、レジスト層72を除去した後、イオンミリング処理等によりシード層としてのCr-Cu合金層70をメッキ部以外の部分で除去し、各Cu層74の下にのみCr-Cu合金層70を残存させる。各Cu層74とその下のCr-Cu合金層70との積層は、外側コイル（図23の66に相当）の下部導電層として用いられる。この後、基板30の上面に各Cu層74を覆ってアルミナ等の絶縁層76をリフトオフ法等により形成する。絶縁層76は、各Cu層74毎にその両端近傍の接触部に対応する接続孔CN<sub>1</sub>、CN<sub>2</sub>を有するように形成する。

【0052】次に、図27の工程では、図24、25で述べたと同様の選択メッキ処理により絶縁層76の上にCu層78を形成する。Cu層78は、複数のものが並列的に形成されるが、図27では、そのうちの1つを示した。各Cu層78は、内側コイル（図23の64に相当）の下部導電層として用いられる。

【0053】図28の工程では、絶縁層76の上に各C

u層78を覆ってアルミナ等の絶縁層80をリフトオフ法等により形成する。絶縁層80は、各Cu層78毎にその両端近傍の接触部に対応する接続孔CN<sub>3</sub>、CN<sub>4</sub>を有するように形成する。

【0054】図29の工程では、レジスト層をマスクとする選択メッキ処理により磁心用のNi-Fe合金層82を絶縁層80の上に形成する。Ni-Fe合金層82は、各Cu層74及び各Cu層78の上方を横切るように(図29では紙面を貫通する方向に沿って)所定の長さで形成される。選択メッキ処理において、メッキ用シード層としては、Ni-Fe合金層を用いることができる。

【0055】図30の工程では、図24、25で述べたと同様の選択メッキ処理により各Cu層74毎にCu層84、86を形成すると共に各Cu層78ごとにCu層88、90を形成する。各Cu層74において、Cu層84、86は、図26の接続孔CN<sub>1</sub>、CN<sub>2</sub>に対応する2つの接触部にそれぞれ接続されるように形成される。また、各Cu層78において、Cu層88、90は、図28の接続孔CN<sub>3</sub>、CN<sub>4</sub>に対応する2つの接触部にそれぞれ接続されるように形成される。Cu層84、86は、外側コイルの側部導電層として用いられる。また、Cu層88、90は、内側コイルの側部導電層として用いられる。

【0056】次に、図31の工程では、基板上面にレジスト層92を形成した後、ホトリソグラフィ処理により電磁コイル配置部にレジスト層92を残すようにしてそれ以外のレジスト層を除去する。そして、ベーク処理によりレジスト層92を硬化させた後、レジスト層92に研磨処理を施してCu層84~90の上部を露呈させる。

【0057】図32の工程では、図24、25で述べたと同様の選択メッキ処理によりレジスト層92の上にCu層94を形成する。Cu層94は、内側コイルの上部導電層として用いられるものであり、例えばCu層78、88、90からなる導電層においてCu層88の上端部に接続される。Cu層78、88、90からなる導電層においてCu層90の上端部には、Cu層94の隣の同様のCu層が接続される(図32では、Cu層94がCu層90の上端部に接続されているかのように見えるが、Cu層94の断面は、Cu層90の断面とは位置を異にする)。このようにして、レジスト層92中の内側コイル用導電層をCu層94等の上部導電層で接続することにより磁心用Ni-Fe合金層82にスパイラル状に内側コイル用導電層を巻回することができる。

【0058】次に、図33の工程では、レジスト層92の上に各Cu層94を覆ってアルミナ等の絶縁層96をリフトオフ法等により形成する。絶縁層96は、各Cu層84及び各Cu層86の上端部を露呈する孔を有するように形成する。

【0059】図34の工程では、図24、25で述べたと同様の選択メッキ処理により絶縁層96の上にCu層98を形成する。Cu層98は、外側コイルの上部導電層として用いられるものであり、例えばCu層74、84、86からなる導電層においてCu層84の上端部に接続される。Cu層74、84、86からなる導電層においてCu層86の上端部には、Cu層98の隣の同様のCu層が接続される(図34では、Cu層98がCu層86の上端部に接続されているかのように見えるが、Cu層98の断面は、Cu層86の断面とは位置を異にする)。このようにして、レジスト層92中の外側コイル用導電層をCu層98等の上部導電層で接続することにより磁心用Ni-Fe合金層82にスパイラル状に外側コイル用導電層を巻回することができる。

【0060】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、小型で製造容易な光スイッチを実現できると共に、微小な可動ミラー案内構造を簡単に製造できる効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施形態に係る光スイッチを示す斜視図である。

【図2】 図1の光スイッチを示す上面図である。

【図3】 図1の光スイッチを用いたマトリクス型光路切換装置を示す上面図である。

【図4】 光スイッチの製法におけるCu層形成工程を示す基板断面図である。

【図5】 図4の工程に続くCu層形成工程及びCo-Ni合金層形成工程を示す基板断面図である。

【図6】 図5の工程に続くレジスト層形成工程及びCu層形成工程を示す基板断面図である。

【図7】 図6の工程に続くレジスト除去工程、イオンミリング工程及びアルミナ層形成工程を示す基板断面図である。

【図8】 図7の工程に続く研磨工程を示す基板断面図である。

【図9】 図8の工程に続く硬化レジスト層形成工程及びアルミナ層形成工程を示す基板断面図である。

【図10】 図9の工程に続くNi-Fe合金層形成工程を示す基板断面図である。

【図11】 図10の工程に続くCu層形成工程を示す基板断面図である。

【図12】 図11の工程に続くアルミナ層形成工程を示す基板断面図である。

【図13】 図12の工程に続くCu層形成工程を示す基板断面図である。

【図14】 図13の工程に続くCo-Ni合金層形成工程を示す基板断面図である。

【図15】 図14の工程に続くレジスト層形成工程及び硬化レジスト除去工程を示す基板断面図である。

【図16】 図14の工程に続くCuエッチング工程を

示す基板断面図である。

【図17】 図5の工程におけるCo-Ni合金層の形成状況及び図6の工程におけるCu層の形成状況を示す上面図である。

【図18】 図17のB-B'線に沿う断面図である。

【図19】 図9の工程における硬化レジスト層及びアルミナ層の形成状況を示す上面図である。

【図20】 図19のB-B'線に沿う断面図である。

【図21】 図6の工程におけるレジスト層の形成状況を示す上面図である。

【図22】 図13の工程におけるレジスト層の形成状況を示す上面図である。

【図23】 この発明の実施に用いられる多重巻き電磁コイルを示す斜視図である。

【図24】 図23の電磁コイルの製法におけるCr-Cu合金スパッタ工程を示す基板断面図である。

【図25】 図24の工程に続くCuメッキ工程を示す基板断面図である。

【図26】 図25の工程に続くレジスト除去工程及び絶縁層形成工程を示す基板断面図である。

【図27】 図26の工程に続くCu層形成工程を示す基板断面図である。

【図28】 図27の工程に続く絶縁層形成工程を示す基板断面図である。

【図29】 図28の工程に続くNi-Fe合金層形成工程を示す基板断面図である。

10

20

\*

\*【図30】 図29の工程に続くCu層形成工程を示す基板断面図である。

【図31】 図30の工程に続くレジスト層形成工程及び研磨工程を示す基板断面図である。

【図32】 図31の工程に続くCu層形成工程を示す基板断面図である。

【図33】 図32の工程に続く絶縁層形成工程を示す基板断面図である。

【図34】 図33の工程に続くCu層形成工程を示す基板断面図である。

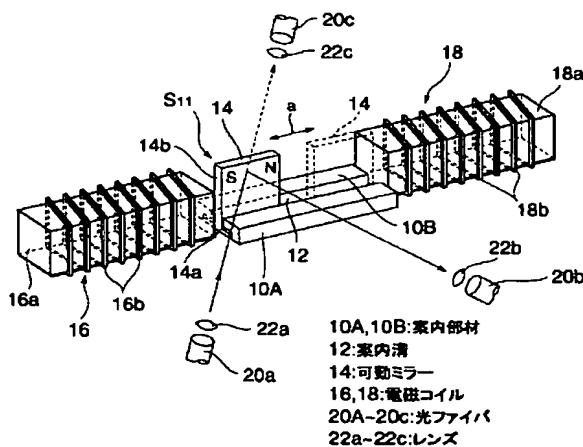
【図35】 従来の光スイッチを用いた光路切換装置を示す上面図である。

【図36】 図35のX-X'線に沿う断面図である。

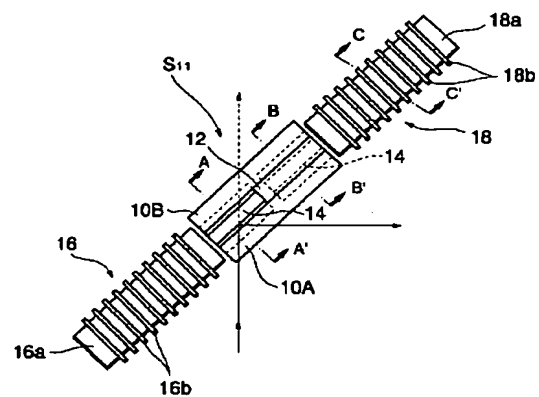
【符号の説明】

10A, 10B: 案内部材、12: 案内溝、14: 可動ミラー、16, 18: 電磁コイル、20a~20c, 20A~20F: 光ファイバ、22a~22c, 22A~22F: レンズ、30: 基板、30A, 42, 46, 52: アルミナ層、32~34, 40, 40A~40C, 50p, 50q, 54p, 54q: Cu層、36, 56: Co-Ni合金層、44, 44A, 44B: 硬化レジスト層、48: Ni-Fe合金層、60: 多重巻き電磁コイル、62: 磁心、64, 66: 導電層、70: Cr-Cu合金層、72, 92: レジスト層、74, 78, 84~90, 94, 98: Cu層、76, 80, 96: 絶縁層、82: Ni-Fe合金層。

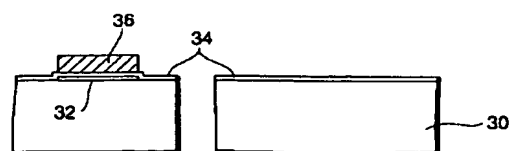
【図1】



【図2】

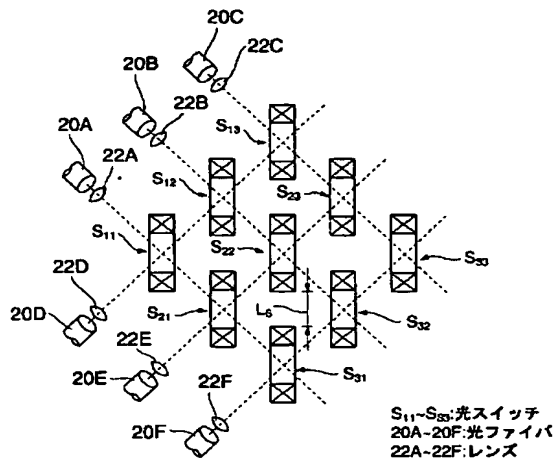


【図5】

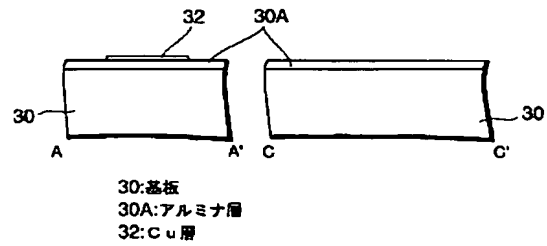


34: Cu層  
36: Co-Ni合金層

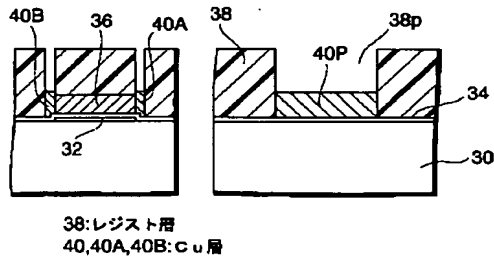
【図3】



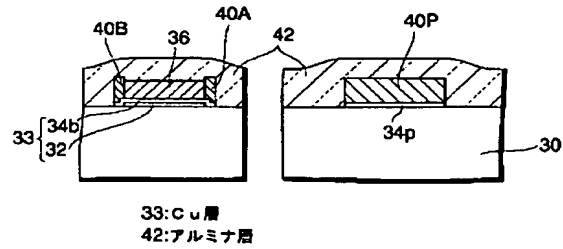
【図4】



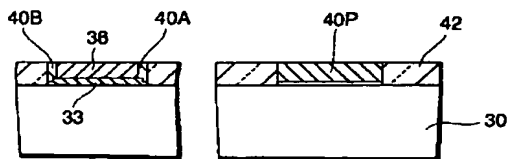
【図6】



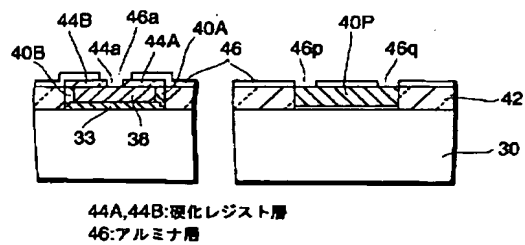
【図7】



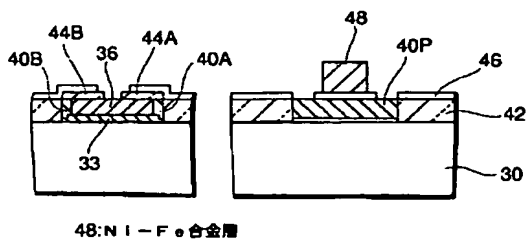
【図8】



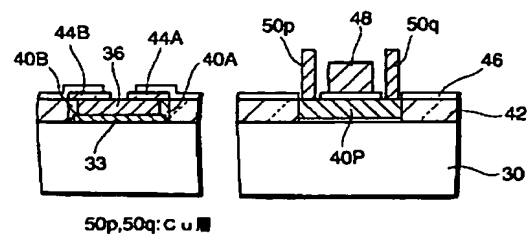
【図9】



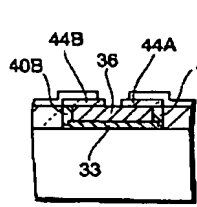
【図10】



【図11】

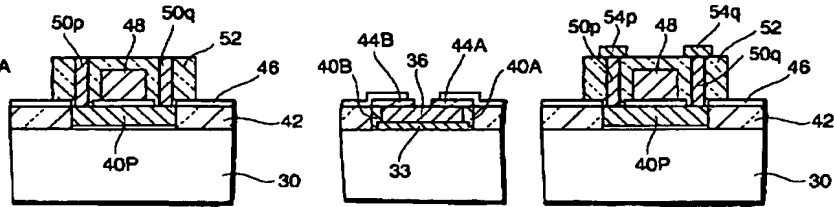


【図12】



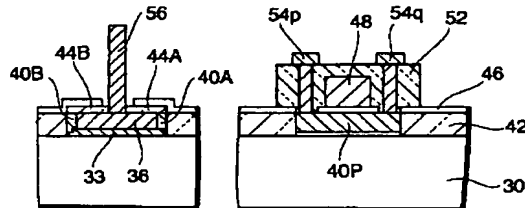
52:アルミナ層

【図13】



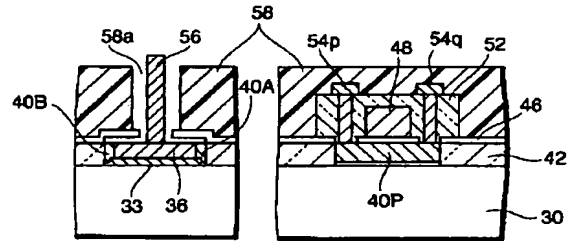
54p, 54q: Cu層

【図14】



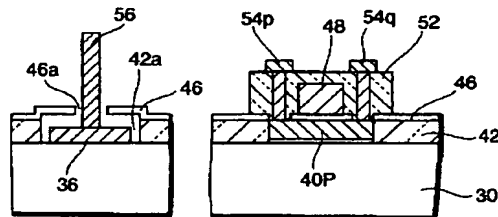
56: Co-Ni合金層

【図15】

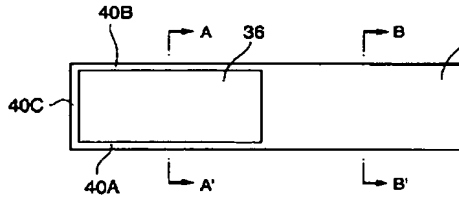


58:レジスト層

【図16】

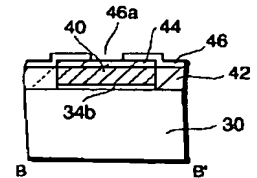


【図17】

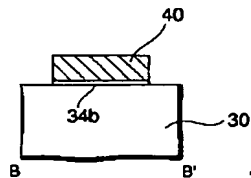


40C: Cu層

【図20】

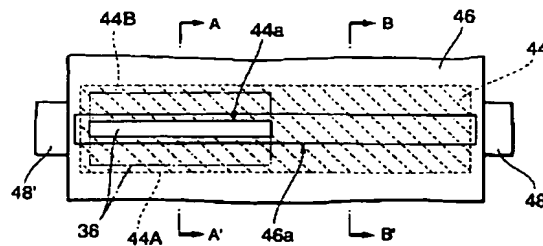


【図18】



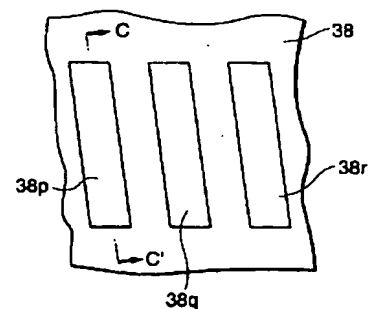
40: Cu層

【図19】

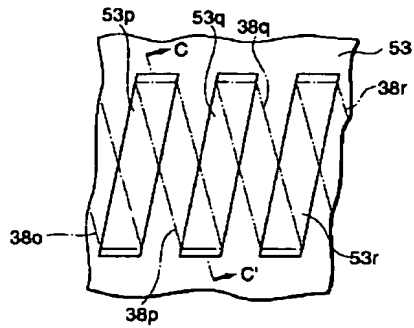


44:硬化レジスト層

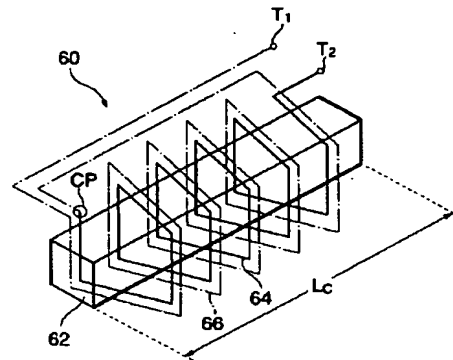
【図21】



【図22】

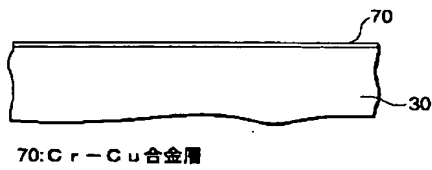


【図23】

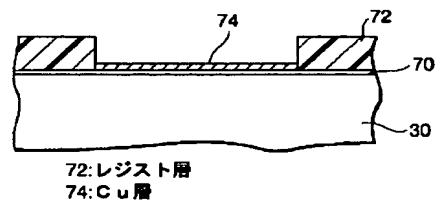


60:多重巻き電磁コイル  
62:磁心  
64,66:導電層

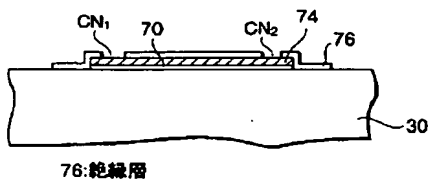
【図24】



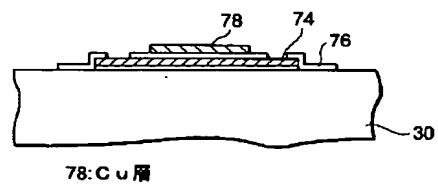
【図25】



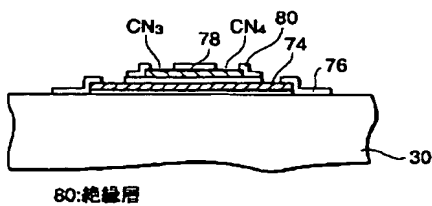
【図26】



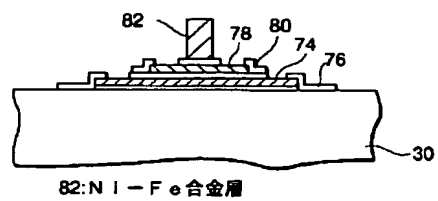
【図27】



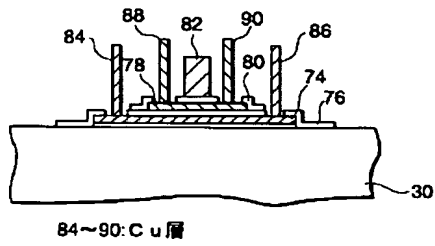
【図28】



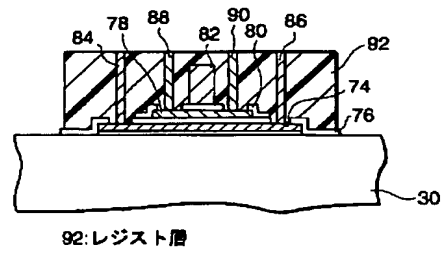
【図29】



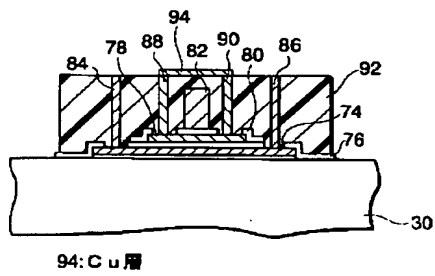
【図30】



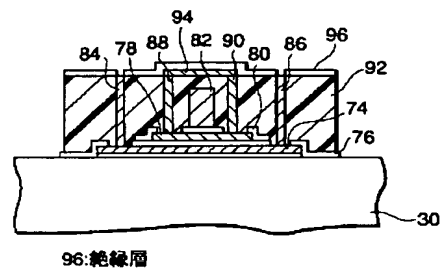
【図31】



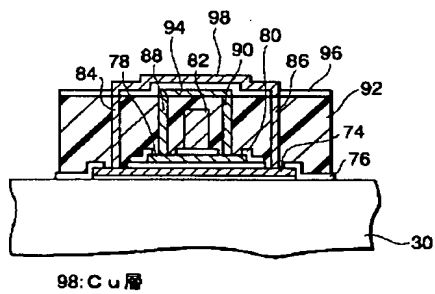
【図32】



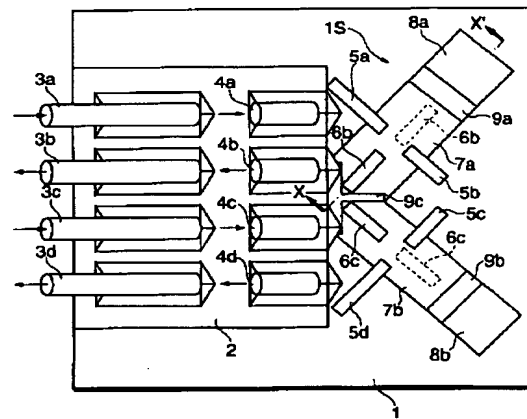
【図33】



【図34】



【図35】



【図36】

